Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. Frick

UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS VON ÖLGABEN AUF DIE GESAMTKÖRPER- UND EXTREMITÄTENGEWICHTE BEI DER TRAINIERTEN ALBINOMAUS

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von
LUDWIG WEX
aus
Bobingen

München 1980

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. Frick

UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS VON ÖLGABEN AUF DIE GESAMTKÖRPER- UND EXTREMITÄTENGEWICHTE BEI DER TRAINIERTEN ALBINOMAUS

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von
LUDWIG WEX
aus
Bobingen

München 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Frick

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31. 01. 1980

Gesamtherstellung: **aku** - Fotodruck GmbH, 8600 Bamberg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
I.	Problemstellung	1
II.	Methode	6
	1. Wahl der Methode	6
	2. Tiermaterial	6
	3. Versuchsablauf	7
	4. Tötung, Präparation und Probengewinn	8
	5. Statistik	9
III.	Befunde und Ergebnisse	10
IV.	Diskussion	33
V.	Zusammenfassung	41
VI.	Literaturverzeichnis	43

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535726_0030

I. PROBLEMSTELLUNG

Größe und Gewicht von Organen und Muskelgruppen stehen in regelhaften Beziehungen zum Gesamtkörpergewicht. Gesetzmäßigkeiten dafür konnten im wesentlichen von KLATT (1919) sowie von FRICK (1957 a/b) erfaßt werden. Die Beziehungen lassen sich in einer Regressionsbeziehung, der sogenannten Allometriegleichung $y = b \cdot x^a$, ausdrücken, die nach FRICK (1957 a/b), KLATT (1919), KLEMMT (1960) u. a. eine geeignete Näherungsgleichung zur "experimentellen Analyse der Faktoren, welche die Größe der Organe beeinflussen", darstellt. Der Exponent a bestimmt nach KLATT den Einfluß des Körpergewichtes x auf das Organgewicht y (somatischer Exponent), der Faktor b (nach FRICK der Organkoeffizient) schließt die Summe der übrigen Faktoren ein, die auf Organgröße und damit Organgewicht wirken. Diese sind z. B. Alter, Geschlecht, Ernährung, Klimafaktoren, Höhen- und Druckverhältnisse, Lebens- und Bewegungsweise. Unter den letztgenannten Punkt, die Art der Lebens- und Bewegungsweise fällt das oftmals diskutierte Problem der Wirkung von vermehrter körperlicher Tätigkeit.

Seit MORPURGO (1897) zwei Hunde in einem Laufrad trainierte, sind immer wieder Trainingseffekte beschrieben worden, die in ihrer Art voneinander abweichen. Als Ursachen dafür sind einerseits das meist zahlenmäßig zu geringe Tiermaterial, andererseits der uneinheitliche Trainingsbegriff zu nennen.

In welch weiten Grenzen von Training gesprochen wird, sollen die folgenden Aussagen zeigen. So findet HOFFMANN (1938), "daß für das Zustandekommen einer Arbeitshypertrophie der Muskulatur die Arbeitsleistung in der Zeiteinheit ausschlaggebend ist, die Summe der geleisteten Arbeit spielt keine Rolle". Diese Ansicht vertreten auch HOLMES und RASH (1958). Ähnlich sieht MÜLLER (1957) den Reiz für eine Zunahme der Muskelkraft durch Training "nicht in einer zeitlichen Verlängerung gewohnter Arbeit, sondern in einer über das gewohnte Maß hinausgehenden Muskelanspannung". SIEBERT (1928)

hingegen kommt zum Schluß, daß die Arbeitsdauer eine Rolle spielt. So findet er zwar, in Übereinstimmung mit ROUX (1962), daß eine Veränderung der "Arbeitssumme", das heißt die Dauer der Tätigkeit, keine signifikante Zunahme des Muskelgewichts erbringt, sondern die Leistung. Er gelangt jedoch zum Ergebnis, daß ein gewisses Mindestmaß an Gesamtarbeit, mit anderen Worten: von Wiederholung der bestehenden Leistung, notwendig ist, bis der Muskel seine Masse voll entwickelt. Somit spielt also auch die D a u e r eine Rolle. Siebert schreibt weiter, daß eine höhergradige Hypertrophie erst bei abermaliger Vergrößerung der Leistung, nicht aber bei einfacher Fortsetzung der bisherigen Leistung eintritt. Nach NÖKKER (1971) wird eine Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch eine dauernde Wiederholung wohldosierter bestimmter Arbeitsformen erreicht. Auch HETTINGER (1976) sieht im Training die "systematische Wiederholung gezielter überschwelliger Muskelanspannungen mit morphologischen und funktionellen Anpassungserscheinungen zum Zwecke der Leistungssteigerung". MELLEROWITCZ (1958) mißt der Dauer der vermehrten körperlichen Tätigkeit ebenfalls Wert bei, indem er ein Höchstmaß an Trainingswirkung bereits nach mehr als sechsminütiger Trainingsdauer findet. NETT (1960) definiert Training als "die Summe aller Maßnahmen, die zur planmäßigen Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit führt".

Über diese unterschiedlichen Meinungen über Wirkung von Leistung und Arbeitssumme hinaus erscheinen die Definitionen des Trainingsbegriffes als unbefriedigend, weil eine Reihe von Faktoren vernachlässigt bleibt. So kann als alleiniges Ziel des Trainings nicht die andauernde Leistungssteigerung angesehen werden, da auch die Erhaltung einer bestimmten Leistungsgrenze durch körperliche Tätigkeit als Training bezeichnet werden muß.

Daß Training auch aus kosmetischen Gründen in Form des "Bodybuilding" betrieben werden kann, bleibt dabei ebenso unberücksichtigt wie der Begriff der "Technik" als ein Teil des Trainingsvorganges, der durch das zentrale Nervensystem gesteuert

einen Bewegungsablauf koordiniert und damit ohne eigentlichen Muskelkraft-Zuwachs die Leistung beeinflussen kann. So ist erklärbar, daß nach Erlernen eines funktionellen Bewegungsablaufes beispielsweise das Stoßen einer Metallkugel nach verhältnismäßig kurzer Zeit (Stunden) auf eine erheblich größere Entfernung gelingt und damit eine Leistungssteigerung erreicht wird, ohne daß die für den Begriff "Training" ausgewiesenen Kriterien angewandt wurden.

All diese aufgezeigten Mängel führen dazu, daß es schon bei der Wahl der Trainingsarten zu Versuchszwecken zu sehr unterschiedlichen Methoden kommt, die wiederum zu schwer vergleichbaren Ergebnissen führen.

Von den beiden Versuchshunden MORPURGO's hatte der eine Hund täglich 27,5 km, der andere 53 km in einem Laufrad zu absolvieren. KOZLIK (1938) betrieb ebenfalls Ausdauertraining mit Hunden, zunächst mit einem angetriebenen Laufrad über 30 Minuten, später zweimal 30 Minuten täglich, wobei das Trainingstier dann von selbst lief. HOFFMANN (1938) teilte ihre Tiere (Hasen) in Kontroll-, schnell- und langsamlaufende Gruppen ein, wobei die Laufdauer bis zur Erschöpfung der Tiere reichte. SIEBERT stellte 1928 einen Versuch mit Ratten über den Einfluß der Arbeitssumme an und läßt drei Trainingsgruppen zwischen drei und sechs Monaten täglich eine bzw. drei Stunden bei gleichbleibender Trainingsintensität (9 m/min.) laufen. BARNARD (1970) beschreibt mit Meerschweinchen einen progressiven Trainingsablauf an einem Laufband mit Laufzeiten von 10 bis 20 Minuten bei zunehmender Bandgeschwindigkeit. CLASS (1960) läßt Mäuse mit einer steigenden Dauer von 15 Minuten bis zu einer Stunde insgesamt 40 Stunden schwimmen, während WYDRA (1971) mit dem gleichen Tiermaterial ein tägliches, zunächst aufbauendes, dann gleichmäßiges Laufbandtraining von zweimal einer halben Stunde bei gleichbleibender Geschwindigkeit über 30 Tage betreibt.

Es schien daher wünschenswert, die Versuche zahlenmäßig und methodisch auf vergleichbaren Grundlagen aufzubauen. Der Ver-

such wurde deshalb nach der von WYDRA beschriebenen, und inzwischen auch bei weiteren Versuchen angewandten Methode durchgeführt.

In vorliegender Arbeit soll in einem Tierversuch mit relativ großem Versuchsgut geprüft werden, inwieweit sich ein exogener Faktor wie vermehrte körperliche Tätigkeit, im Versuch hervorgerufen durch ein bestimmtes Laufpensum, auf die Beziehungen von Körper- zu Extremitätengewichten auswirkt.

Daneben sollte der Einfluß von Ölgaben, intragastral mittels Knopfsonde exakt dosierbar verabreicht, bei gleichzeitigem Training auf die Entwicklung dieser Gewichte untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sollen für weitere Untersuchungen, bei denen Wirkstoffe mit der Trägersubstanz Öl gegeben werden, Vergleichswerte liefern.

Nach KLATT müßte sich bei einem Versuch, bei dem eine über ein gewohntes Maß hinausgehende körperliche Tätigkeit ausgeübt wird, der Wert des Organkoeffizienten b für alle Organe, die von dieser Tätigkeit beeinflußt sind, im Vergleich zu unter normalen Bedingungen gehaltenen Tieren (Kontrollgruppe K), verändern.

Dies soll zum einen anhand der Allometrierechnung ermittelt werden, die eine experimentelle Analyse der Faktoren ermöglicht, welche die Größe der Organ- bzw. Extremitätengewichte beeinflussen (FRICK, 1957).

Die Allometriegleichung $y = b \cdot x^a$ stellt die Beziehungen zwischen Körper- und Organ- bzw. Extremitätengewicht dar, und zwar werden sie in der Allometriegleichung mathematisch so formuliert, daß das Organgewicht y durch die Faktoren x^a und b gekennzeichnet wird. Dabei stellt die Gleichung in doppellogarithmischer Form eine Gerade dar. Auf der graphischen Darstellung soll die Abszisse die Werte für das

Körpergewicht x, die Ordinate die Werte für das Organgewicht y enthalten. Der Exponent a bestimmt das Maß des Einflusses des Körpergewichtes x auf das Organgewicht y, dargestellt durch die Steigung der Geraden. Der Faktor b bedeutet die Summe der übrigen Faktoren, die auf das Organgewicht einwirken (Organkoeffizient, FRICK, 1957).

Zum Zweiten soll mit Hilfe der Varianzanalyse (WILLIAMS, 1959) errechnet werden, ob zwischen den für die einzelnen Organe der jeweiligen Gruppen ermittelten Allometrieexponenten a eine signifikante Differenz und damit ein Anstiegsunterschied besteht, und ob sich bei gleichem oder nur zufällig verschiedenem a nach Prüfung auf überzufällig verschiedene Koeffizienten b eine Differenz der Lage der Regressionsgeraden ergibt. Dabei gibt bei Prüfung zweier Stichproben die Maßzahl z an, ob die Allometrieexponenten überzufällig verschieden sind, wobei sich die Zufälligkeitsgrenze mit $p < 0{,}05$ bei $z \geqslant 1{,}96$, die Signifikanzgrenze mit $p < 0{,}01$ bei $z \geqslant 2{,}58$ darstellt (IMBRIE 1956). Bei kleineren z-Werten kann für den Anstieg der Allometriegeraden ein gleicher Verlauf angenommen werden, weshalb eine Prüfung auf "Differenz der Lage" in Frage kommt, deren Ergebnis mit "z-Lage" nach den gleichen Schwellenwerten beurteilt wird.

II. METHODE

1. Wahl der Methode

Ziel der Versuche ist, über ein zahlenmäßig ausreichendes und homogenes Versuchsgut mit Hilfe von rechnerischen Methoden den körpergrößenabhängigen Anteil des Organ- bzw. Extremitätengewichtes von dem Anteil zu trennen, der von der Wirkung des ausgeübten exogenen Faktors herrührt.

Um die Vergleichbarkeit dieser Arbeit mit den Ergebnissen anderer Arbeiten (WYDRA, 1971) zu erreichen, wurde zur Erreichung vermehrter körperlicher Tätigkeit in diesem Versuch ebenfalls das Training auf dem Laufband gewählt.

Diese Methode hat im Gegensatz zur körperlichen Beanspruchung durch Schwimmen, bei der die Sterblichkeitsquote immerhin bei 34 % lag (CLASS, 1960), den Vorteil einer wesentlich geringeren Ausfallquote durch erschöpfte oder schwimm- bzw. laufunwillige Tiere. Zum anderen verdient auch der Gesichtspunkt der Bewegungskontinuität Beachtung. CLASS verweist auf recht unterschiedliche Schwimmintensität. Neben "begeisterten" Schwimmern halten sich andere mit einem Mindestmaß an Schwimmbewegungen über Wasser. Das Laufband hingegen zwingt alle Tiere zur gleichen Intensität der Bewegung und dadurch zu gleichem Trainingsmaß. In vorliegender Arbeit wird der Einfluß einer erhöhten körperlichen Tätigkeit von zwei mal dreissig Minuten pro Tag unter Mitwirkung des Einflusses einer in fünftägigen Abständen verabreichten Olivenölmenge über eine Dauer von dreißig Tagen auf das Extremitätengewicht von weiblichen Albinomäusen untersucht.

2. Tiermaterial

Die Versuchsgruppe wurden aus 206 weiblichen, gesunden, adoleszenten und nicht graviden Albinomäusen vom erbreinen Stamm "Agnes Blum" BLH zusammengestellt. Das Alter der Tiere zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns war 60 ($\pm$ 4) Tage. Die Auswahl der Tiere erfolgte nach Gewicht, im übrigen jedoch unter Zu-

fallsbedingungen. Die Gruppen erreichten ein Durchschnittsgewicht von 30,31 g (23,42 - 37,68 g). Vor der Einsetzung waren die Tiere mit numerierten Ohrmarken versehen worden. Die Versuchszeit erstreckte sich über 30 Tage. Am Tag vor Versuchsbeginn (Tag 0) fand die Einteilung, am 31. Tag die Tötung und Zerlegung der Tiere statt.

Die Tiere wurden in Makrolonkäfigen in Format 43 x 28 x 15 cm bei Raumtemperatur und natürlich wechselnden Tag- und Nachtlichtverhältnissen gehalten. Die Nahrung bestand aus vorgefertigtem Trockenfutter (Altromin R) und Wasser ad libitum.

3. Versuchsablauf

Das Lauftraining absolvierten die Tiere auf einem 50 x 60 cm großen Gummilaufband, das boxenartig durch einen darüber gesetzten Holzrahmen in zehn ca. 5 x 50 cm große Einzelkammern unterteilt wurde. Als Deckel dienten mit Entlüftungslöchern versehene sichtgewährende Plexiglasplatten.

Das Laufband wurde von einem Elektromotor mit einer Geschwindigkeit von 17 m/pro Minute betrieben.

Die Laufarbeit erstreckte sich über einen Zeitraum von 30 Tagen. Die Laufzeiten wurden aus Anpassungsgründen von 2 x 10 Minuten an den beiden ersten Tagen über 2 x 20 Minuten am dritten und am vierten Tag auf 2 x 30 Minuten ab fünften und an allen darauffolgenden Tagen gesteigert. Die Ruhezeit zwischen den Läufen betrug 6 bzw. 17 Stunden.

Die eingesetzten Tiere waren nahezu alle in der Lage, schnell, d. h. innerhalb der ersten Minute, das für sie ungewohnte Phänomen des zwangsweisen Laufenmüssens zu erkennen und diesem durch angepasstes Gegenrennen zu entsprechen. Von den hundert für das Lauftraining ausgesuchten Tieren waren zehn Versuchstiere für den Versuch nicht geeignet. Da sich bei acht Tieren die Laufuntauglichkeit bzw. Laufunwilligkeit während des ersten Tages (beim zehnminütigen Laufpensum) zeigte, wurden die-

se Tiere aus dem Versuch genommen und durch andere ersetzt. Bei den Ersatztieren ergaben sich keine weiteren Ausfälle. Im weiteren Versuchsverlauf erwiesen sich zwei Tiere als laufuntauglich, ein weiteres verstarb bei der Instillation. So ergab sich bei den 100 Trainingstieren eine effektive Ausfallsquote von drei Tieren. Diese Ausfälle wurden durch eine zusätzlich eingesetzte Gruppe von sechs Tieren ausgeglichen.

Neben der vermehrten körperlichen Tätigkeit für die Gruppe der Lauftiere galt für alle Tiere, also auch die Kontrollgruppe, eine zweite Versuchsbedingung: die regelmäßige Verabreichung einer bestimmten Menge von reinem Olivenöl. Um die genaue Dosierung der aufzunehmenden Menge zu gewährleisten, wurde den Tieren mittels Knopfsonde und Injektionsspritze die Ölmenge direkt in den Magen instilliert. Die Ausfallquote durch Verletzung mit der Sonde lag bei jeweils sechsmaliger Anwendung an 206 Versuchstieren bei drei Tieren.

Die Olivenölgabe erstreckte sich ebenfalls über die Gesamtversuchsdauer von dreißig Tagen. Insgesamt ergab sich durch die jeweils 0,1 ml große Ölmenge, alle fünf Tage (am 1., 6., 11., 16., 21. und 26. Tag des Versuches) verabreicht, eine Gesamtölmenge von 0,6 ml pro Tier.

Die Reihenfolge der Verrichtungen an den Instillationstagen war Training, Wiegen dann Instillieren. Beim Wiegen wurde zur Kontrolle der Einzelwägungen eine Gesamtwägung aller zehn Mäuse aus einer Gruppe durchgeführt. Das Ergebnis zeigte die Genauigkeit der einzelnen Lebendwägungen auf, bei der durch Bewegung des Tieres ein Einfluß auf die Messung nicht vermieden werden konnte.

4. Tötung, Präparation und Probengewinn

Am Tag der Zerlegung, dem 31. Versuchstag, wurden die Tiere mit Äther betäubt, gewogen und auf dem Rücken liegend fixiert. Nach Freilegen der Halsvenen wurde aus diesen durch venae sectio Blut entnommen. Der Tod der Tiere trat durch Ausbluten ein.

Nach der von KLEMMT (1960) beschriebenen Methode wurden die Tiere anschließend morphologisch zerlegt.

5. Statistik und Berechnungen

Die Meßwerte der zwei unverbundenen Beobachtungsreihen wurden mit dem t-Test auf dem 99,9 und 99,5 %-Niveau statistisch berechnet.

Die allometrischen Berechnungen erfolgen nach den von BRODY (1945), FRICK (1957/II) und WETTE (1959) angegebenen Methoden.

In der Allometriegleichung $y = b \cdot x^a$ wird der Allometrieexponent a als Regressionskoeffizient der beiden Variablen log Körpergewicht (= X) und log Organgewicht (= Y) berechnet (BRODY, 1945; v. BERTALANFFY, 1957; FRICK, 1957/II). Für die Berechnung von a ergibt sich daher die Formel:

$$a = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2}$$

Die Standardabweichung s_a wird nach der Formel berechnet:

$$s_a = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{\sum(X - \bar{X})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

Der Faktor b der Allometriegleichung (Organkoeffizient) ergibt sich aus der Formel:

$$\log b = \bar{Y} - a\bar{X}$$

Der Korrelationskoeffizient r, der die Stärke eines geradlinigen Zusammenhangs zwischen den Variablen X und Y mißt, wird nach folgender Formel berechnet:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \quad (Y - \bar{Y})^2}}$$

III. B E F U N D E U N D E R G E B N I S S E

In den folgenden Tabellen (Tab. 1 für die Kontrollgruppe (K), Tab. 2 für die Trainingsgruppe (T)) sind die Tiere nach Lebendgewicht geordnet in ihren Gruppen aufgeführt. Der Zahlenwert, der sich nach Abzug der Eingeweide vom Körpergewicht ergibt, wurde als "bereinigtes" Körpergewicht betrachtet und mit NKG bezeichnet. Diese Werte sind, ebenso wie diejenigen der Extremitäten, sämtlich Absolutgewichte.

In einer zusammenfassenden Aufstellung (Tab. 3) sind die aus den Summen der jeweiligen Gewichte errechneten Mittelwerte aufgeführt. Dies gilt für die absoluten Gewichte sowie für die auf das Körpergewicht bezogenen relativen Werte.

Der mit der Varianzanalyse durchgeführte Seitenvergleich ergibt sehr gleichmäßige Werte für Steigung und Lage bei der Berechnung der jeweils zusammengehörenden Extremitätenpaare (links und rechts) der beiden Gruppen; dies bestätigt die Genauigkeit bei Präparation und Gewichtsmessung.

Tab. 1 Ergebnisse Kontrollgruppe

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
343	25,253	21,630	0,865	0,890	1,400	1,366	3,131	0,630
468	25,825	21,220	0,840	0,830	1,368	1,400	3,188	1,395
197	27,720	23,970	0,968	0,944	1,513	1,531	3,374	0,949
79	27,722	24,034	0,951	0,915	1,501	1,427	3,301	0,917
473	27,855	23,226	0,944	0,920	1,460	1,463	3,760	1,237
632	28,324	24,314	0,911	0,961	1,484	1,501	3,820	1,082
331	28,372	22,963	0,890	0,902	1,394	1,402	3,668	1,009
471	28,484	23,063	0,937	0,950	1,527	1,518	4,343	1,160
406	28,700	24,012	0,904	0,890	1,501	1,484	3,802	1,333
609	28,884	24,282	0,948	0,938	1,558	1,591	3,470	0,736
424	28,898	24,208	1,029	1,003	1,477	1,492	4,260	0,729
516	29,028	25,051	0,942	0,940	1,550	1,580	3,805	1,600
88	29,031	23,693	0,900	0,871	1,453	1,491	3,558	0,841
436	29,090	23,843	0,942	0,942	1,475	1,490	3,750	1,098
623	29,142	25,018	0,969	0,971	1,552	1,559	3,93o	1,021
452	29,150	25,219	0,982	1,001	1,628	1,632	4,108	1,285
426	29,498	23,743	0,918	0,914	1,443	1,480	3,600	1,042
606	29,520	25,677	1,014	0,930	1,558	1,589	3,991	1,748
430	29,715	24,081	0,938	0,945	1,549	1,548	3,790	1,198
517	29,751	24,552	1,010	0,988	1,599	1,575	3,633	1,285

Tab. 1 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
352	29,778	25,455	0,948	0,990	1,610	1,610	4,062	1,590
326	29,808	24,817	0,993	1,020	1,560	1,577	3,967	1,199
193	29,881	26,000	1,028	0,975	1,638	1,649	3,710	1,286
334	29,901	26,134	0,939	0,991	1,541	1,577	4,437	1,211
469	29,906	24,924	0,983	0,999	1,599	1,595	4,379	1,271
330	29,965	24,428	0,941	0,952	1,461	1,453	4,059	1,567
401	29,972	24,480	0,990	0,932	1,455	1,502	3,785	0,885
413	30,090	25,121	1,002	1,032	1,529	1,558	4,016	1,337
412	30,118	25,760	0,961	0,882	1,449	1,444	4,338	1,730
62	30,137	24,404	0,948	0,930	1,513	1,595	3,603	1,057
742	30,140	24,831	1,068	1,058	1,663	1,660	3,774	0,993
340	30,180	25,523	0,951	0,968	1,551	1,582	4,086	1,138
718	30,206	26,006	0,978	0,978	1,583	1,629	3,735	1,160
405	30,210	25,244	0,938	0,967	1,561	1,603	3,988	0,860
429	30,240	25,525	0,910	0,928	1,579	1,540	3,959	1,418
620	30,245	25,734	0,980	0,949	1,582	1,548	3,629	0.954
407	30,435	25,723	0,975	0,974	1,560	1,551	4,201	1,157
425	30,450	25,587	0,902	0,919	1,528	1,492	3,919	1,357
464	30,510	25,803	0,895	0,920	1,550	1,600	3,931	1,485
627	30,713	23,117	0,891	0,895	1,426	1,451	3,172	0,696

Tab. 1 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremtitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
484	30,727	25,749	0,987	0,967	1,586	1,600	4,057	1,693
433	30,920	25,679	0,979	1,004	1,665	1,687	4,223	1,040
489	30,985	25,874	1,011	0,985	1,680	1,650	4,033	1,282
734	31,010	26,481	0,991	0,992	1,697	1,762	4,002	0,794
572	31,048	25,307	0,939	1,022	1,559	1,580	4,080	1,516
518	31,048	26,448	1,070	1,080	1,679	1,743	4,170	1,435
479	31,048	26,710	1,110	1,086	1,692	1,730	4,040	1,755
571	31,118	25,501	1,044	1,042	1,684	1,710	4,091	1,559
428	31,144	26,617	1,071	1,050	1,740	1,690	3,599	1,317
475	31,180	26,160	1,084	1,091	1,660	1,701	3,877	1,342
415	31,211	25,558	0,982	0,955	1,584	1,590	3,860	1,543
494	31,290	26,465	1,090	1,080	1,713	1,745	4,876	1,145
487	31,538	27,360	1,131	1,137	1,696	1,716	4,405	1,415
502	31,610	26,247	1,105	1,069	1,649	1,669	4,063	1,031
350	31,870	26,262	0,999	1,000	1,642	1,670	4,211	1,454
432	31,895	27,083	1,037	1,048	1,680	1,668	4,200	1,463
519	31,902	27,100	1,059	1,048	1,707	1,685	4,268	1,693
403	31,930	27,301	1,035	1,029	1,599	1,704	4,219	1,540
200	32,008	26,798	1,120	1,115	1,712	1,732	4,063	1,116
574	32,095	25,091	1,032	1,010	1,570	1,591	4,090	1,288

Tab. 1 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
570	32,151	26,580	1,050	1,000	1,700	1,721	4,370	1,610
349	32,267	26,399	0,945	1,018	1,662	1,691	4,920	1,268
477	32,294	26,582	1,068	1,092	1,669	1,709	3,904	1,338
634	32,453	28,173	1,098	1,022	1,741	1,751	4,035	1,621
410	32,490	26,663	0,973	0,986	1,595	1,617	4,328	1,961
493	32,515	27,868	1,048	1,057	1,763	1,776	4,538	1,197
488	32,546	27,885	1,083	1,078	1,713	1,729	4,462	1,692
411	32,636	26,566	1,024	1,010	1,586	1,662	3,820	1,577
569	32,674	27,204	1,060	1,049	1,728	1,720	4,305	1,917
335	32,690	26,916	1,073	1,023	1,623	1,668	3,954	1,650
417	32,703	27,640	1,074	1,068	1,720	1,741	4,467	1,447
416	32,758	27,268	1,051	1,047	1,652	1,765	4,067	1,565
474	32,860	27,500	0,950	0,969	1,535	1,579	4,142	1,888
722	32,881	28,494	1,085	1,094	1,785	1,824	4,580	1,338
337	33,240	28,229	1,131	1,110	1,837	1,793	3,985	1,325
427	33,560	29,074	1,096	1,099	1,855	1,923	4,412	1,470
421	33,575	27,958	1,010	1,019	1,634	1,648	4,396	1,572
573	33,700	28,465	1,052	1,078	1,706	1,701	5,018	1,955
441	33,702	28,969	1,089	1,066	1,710	1,737	4,290	2,171
161	33,798	28,538	1,120	1,119	1,782	1,817	4,259	1,570

Tab. 1 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
483	33,981	27,203	1,024	1,032	1,760	1,760	4,347	1,835
404	34,083	27,474	1,009	1,025	1,715	1,769	4,223	1,922
346	34,130	28,558	1,090	1,099	1,812	1,843	4,666	0,955
402	34,148	28,987	1,039	1,041	1,730	1,717	4,911	1,687
437	34,150	29,521	1,105	1,129	1,742	1,791	4,872	1,475
408	34,265	29,622	1,211	1,188	1,921	1,901	4,595	1,343
492	34,435	28,354	1,138	1,160	1,818	1,872	4,262	1,597
344	34,445	28,794	1,155	1,139	1,802	1,848	4,036	2,075
87	34,453	29,944	1,053	1,057	1,761	1,734	4,532	2,605
628	34,493	29,956	1,177	1,180	1,796	1,831	4,544	1,981
490	34,674	28,784	1,125	1,082	1,781	1,718	4,360	1,894
336	34,759	28,213	1,123	1,050	1,697	1,688	4,185	1,947
418	34,992	29,066	1,047	1,052	1,748	1,769	4,452	1,702
431	35,018	28,955	1,048	1,041	1,721	1,718	4,670	1,627
481	35,569	30,271	1,104	1,152	1,828	1,843	4,781	1,903
419	36,220	29,732	1,132	1,140	1,739	1,794	4,763	1,846
339	37,678	32,278	1,118	1,060	1.672	1,693	4,625	3,603
485	38,590	31,504	1,133	1,119	1,757	1,730	4,879	2,082

Tab. 2 Ergebnisse Trainingsgruppe

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
382	23,422	19,889	0,843	0,871	1,291	1,301	2,643	0,535
338	24,630	21,566	0,872	0,873	1,450	1,373	3,151	0,696
442	25,040	21,030	0,880	0,892	1,339	1,408	3,035	0,683
523	25,292	21,760	0,889	0,887	1,432	1,438	2,751	0,795
378	25,364	20,742	0,738	0,738	1,234	1,238	2,800	1,255
366	25,480	22,058	0,840	0,851	1,375	1,351	3,229	1,081
319	25,617	22,357	0,897	0,877	1,448	1,483	3,459	0,722
506	25,722	22,477	0,908	0,898	1,533	1,515	3,685	1,213
375	26,336	22,133	0,968	0,925	1,374	1,408	3,800	1,189
355	26,348	22,317	0,843	0,845	1,435	1,465	3,156	0,823
575	26,496	22,314	0,888	0,889	1,368	1,381	2,992	0,880
345	26,549	22,610	0,938	0,972	1,473	1,498	3,345	0,938
308	26,550	22,580	0,904	0,903	1,430	1,441	3,443	1,121
386	26,773	22,277	0,916	0,947	1,463	1,436	3,274	0,670
385	26,808	22,791	0,969	0,893	1,422	1,438	3,285	1,372
306	27,020	23,080	1,021	0,920	1,559	1,488	3,316	1,074
341	27,050	22,571	0,930	0,931	1,471	1,478	3,317	1,285
434	27,058	23,394	0,925	0,960	1,598	1,588	3,710	0,776
377	27,080	21,848	0,904	0,957	1,400	1,416	3,015	0,986
301	27,135	23,092	1,081	0,958	1,622	1,600	3,411	0,307

Tab. 2 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
438	27,280	22,042	1,032	1,002	1,571	1,583	3,371	1,048
568	27,380	23,375	1,092	1,072	1,450	1,518	3,564	1,069
321	27,435	24,292	0,996	1,050	1,616	1,584	3,562	0,894
445	27,664	23,981	0,912	0,941	1,485	1,520	3,961	1,048
379	27,710	23,028	1,030	1,022	1,546	1,555	3,531	1,245
371	27,775	23,785	0,961	0,977	1,642	1,605	3,683	0,866
435	27,835	23,194	0,995	0,937	1,580	1,553	3,529	0,965
359	27,895	24,394	0,984	0,959	1,530	1,530	3,612	1,109
351	27,933	23,980	0,971	0,960	1,584	1,569	3,651	0,915
563	27,986	24,060	0,986	0,982	1,590	1,599	3,601	0,893
332	28,022	23,802	0,987	0,951	1,619	1,589	3,862	0,977
323	28,025	24,525	1,035	0,995	1,539	1,554	3,691	1,263
455	28,045	23,925	0,908	0,942	1,486	1,410	3,957	0,749
510	28,108	24,549	0,924	0,943	1,511	1,501	3,619	1,113
347	28,255	24,303	0,986	1,025	1,532	1,509	3,750	0,876
324	28,257	23,700	1,159	1,056	1,644	1,749	3,551	0,836
504	28,318	25,033	0,993	1,016	1,631	1,642	3,699	1,418
449	28,330	24,183	0,945	0,940	1,619	1,649	3,623	1,378
499	28,333	24,500	0,928	0,920	1,537	1,528	4,009	1,109
320	28,370	23,662	1,005	1,025	1,505	1,496	3,065	2,054

Tab. 2 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
364	28,452	23,982	1,055	1,103	1,530	1,536	3,673	0,878
397	28,640	24,845	0,930	0,929	1,502	1,570	3,930	1,142
439	28,721	23,875	0,985	0,943	1,550	1,609	3,178	1,151
467	28,740	23,868	1,048	1,033	1,632	1,651	3,383	1,397
78	28,748	24,950	0,952	0,920	1,537	1,540	3,643	1,024
380	28,790	25,389	0,940	0,938	1,517	1,532	3,830	3,148
457	28,820	26,156	0,945	0,968	1,556	1,546	3,643	1,027
495	28,845	24,450	0,839	0,845	1,460	1,394	3,346	1,817
443	28,910	24,509	1,045	1,052	1,660	1.656	4,100	1,078
456	28,933	23,918	1,040	1,035	1,605	1,632	3,619	0,822
470	28,963	24,716	1,000	0,995	1,629	1,657	3,523	1,288
381	29,055	24,390	1,065	1,040	1,621	1,624	3,485	1,476
422	29,210	23,847	0,990	1,010	1,561	1,567	3,591	0,943
387	29,250	24,200	0,965	0,944	1,629	1,623	3,291	1,059
309	29,305	23,748	0,960	0,962	1,527	1,500	3,677	1,154
498	29,434	25,006	1,028	0,993	1,620	1,614	3,765	1,343
360	29,541	24,888	1,008	0,990	1,610	1,610	3,791	1,174
383	29,560	24,138	1,028	0,980	1,585	1,630	3,366	3,172
394	29,586	26,010	0,941	0,972	1,638	1,631	3,610	1,599
451	29,618	24,897	1,062	1,089	1,683	1,713	3,560	0,871

Tab. 2 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
450	29,618	25,277	0,995	0,963	1,638	1,612	3,324	1,053
497	29,651	25,942	1,030	1,041	1,662	1,632	4,072	1,299
318	29,770	25,274	1,065	1,080	1,664	1,686	3,786	0,565
447	29,770	25,549	1,055	1,058	1,722	1,722	3,652	0,860
392	29,910	24,432	0,894	0,918	1,580	1,569	3,462	1,352
446	29,975	25,499	1,067	1,033	1,614	1,572	4,260	1,169
358	30,000	25,717	0,991	0,919	1,581	1,602	3,630	1,315
370	30,020	25,354	0,985	1,008	1,665	1,641	4,155	1,220
342	30,142	25,900	0,961	0,955	1,655	1,709	4,111	0,896
310	30,378	25,687	0,979	1,001	1,618	1,606	4,146	0,843
376	30,448	25,049	1,057	1,005	1,636	1,666	3,555	1,408
461	30,509	25,779	1,099	1,128	1,786	1,805	3,805	0,886
354	30,530	25,923	1,183	1,188	1,739	1,784	4,023	0,731
478	30,600	25,734	1,119	1,120	1,760	1,760	3,839	1,146
486	30,669	25,465	1,108	1,061	1,709	1,718	3,844	1,239
374	30,685	25,330	1,044	1,011	1,534	1,518	4,505	0,919
448	30.763	26,311	1,052	1,022	1,600	1,582	3,842	1,234
367	30,810	25,457	1,030	1,068	1,571	1,648	3,529	2,266
333	30,880	26,068	0,943	0,910	1,575	1,583	4,074	1,966
369	30,903	26,911	1,190	1,202	1,702	1,678	4,078	1,618

Tab. 2 Fortsetzung:

Tier-nummer	Körpergew. (lebend) (g)	Nettokörper-gewicht (g)	Extremitätengewichte (g) vorne links	vorne rechts	hinten links	hinten rechts	Haut (g)	Haut- und Stammfett (g)
524	30,920	25,429	1,000	1,010	1,612	1,628	3,611	1,390
356	30,921	26,282	1,033	1,000	1,701	1,740	3,502	1,379
409	31,010	26,482	1,040	1,059	1,681	1,769	3,931	1,269
400	31,125	26,411	1,108	1,119	1,963	1,925	3,750	1,320
525	31,148	27,146	1,056	1,062	1,745	1,762	3,896	1,461
303	31,373	27,328	1,098	1,129	1,670	1,729	4,331	1,049
390	31,390	26,208	1,050	1,023	1,645	1,670	3,710	2,277
564	31,443	26,865	1,022	1,035	1,690	1,632	4,689	1,242
505	31,448	27,308	1,068	1,118	1,779	1,880	4,281	1,123
391	31,626	26,562	1,195	1,168	1,694	1,704	3,335	1,622
311	31,730	26,582	1,114	1,083	1,538	1,572	3,975	2,274
389	31,785	25,888	0,937	1,002	1,662	1,651	3,646	1,220
312	32,040	27,288	1,156	1,129	1,645	1,679	4,320	1,296
357	32,418	27,650	0,993	1,009	1,662	1,650	4,457	1,734
325	32,510	26,875	1,122	1,076	1,698	1,691	4,062	1,459
515	32,521	27,307	1,040	1,009	1,611	1,601	3,822	1,210
396	32,610	28,047	1,028	1,028	1,711	1,740	4,617	1,538
503	33,313	28,687	1,128	1,173	1,759	1,778	4,422	1,857
522	33,510	28,648	1,173	1,184	1,838	1,860	3,955	1,208
314	33,550	27,632	1,128	1,094	1,689	1,687	4,060	2,227
304	33,826	28,389	1,195	1,175	1,791	1,788	4,815	0,664
520	34,743	29,364	1,008	1,032	1,615	1,643	3,795	2,919

Tab. 3 Zusammenfassung der absoluten und relativen Gewichte

	Kontrolle (+ Öl) n = 98	Training (+ Öl) n = 102	Anteil T/K (%)	stat. Absicherung
Lebendgewicht				
Versuchsanfang (g)	30,310	30,310	-	
Versuchsende				
Totgewicht (g)	31,510	29,163	92,6	
bereinigtes Körpergewicht (g)				
= Nettokörpergewicht (NKG)	26,332	24,675	93,7	$p < 0,0001$
Haut (g)	4,104	3,668	89,3	$p < 0,001$
Haut bez. Totgew. (%)	13,024	12,577	96,6	
Haut bez. NKG (%)	15,586	14,868	95,4	
Fett (g)	1,372	1,150	83,8	$p < 0,01$
Fett bez. Totgew. (%)	4,354	3,943	90,6	
Fett bez. NKG (%)	5,210	4,661	89,5	
vord. Extremitäten (g)	2,031	1,995	98,2	$p > 0,05$
bez. Totgew. (%)	6,450	6,841	106,0	
bez. NKG (%)	7,713	8,085	104,8	
hint. Extremitäten (G)	3,271	3,174	97,0	$p < 0,01$
bez. Totgew. (%)	10,384	10,884	104,8	
bez. NKG (%)	12,423	12,865	103,6	

1. Vordere Extremität

Die absoluten Gewichte der vorderen Extremitäten in den beiden Versuchsgruppen betragen durchschnittlich

Kontrolle:	links	1,016 g	(± 0,078)	(0,840 - 1,211)
	rechts	1,015 g	(± 0,075)	(0,830 - 1,188)
	beide	2,031 g	(± 0,137)	(1,670 - 2,399)
Training :	links	0,999 g	(± 0,087)	(0,738 - 1,195)
	rechts	0,995 g	(± 0,085)	(0,738 - 1,202)
	beide	1,994 g	(± 0,149)	(1,614 - 2,370)

Die mittleren relativen Gewichte (Prozentanteile am bereinigten Körpergewicht) betragen

	links (%)	rechts (%)	beide (%)
Kontrolle	3,86	3,85	7,71
Training	4,05	4,03	8,08

Zwischen den Absolutgewichten der vorderen Extremitäten besteht ein Unterschied von knapp 2 % (K > T), der sowohl links mit t = 1,282 als auch rechts mit t = 1,431 unterhalb der Signifikanzgrenze bleibt. Somit sind Unterschiede der absoluten Gewichte zwischen den Vorderextremitäten zufällig. Die Relativgewichte unterscheiden sich zugunsten der Trainingsgruppe um 4,8 %.

Die aus den allometrischen Berechnungen gewonnenen Maßzahlen für die Vorderextremitäten der beiden Versuchsgruppen sind nachfolgend aufgeführt:

		a	b	r
Kontrolle	links	0,802	0,073	0,81
	rechts	0,793	0,075	0,81
	beide	0,797	0,149	0,80
Training	links	0,777	0,083	0,67
	rechts	0,805	0,075	0,71
	beide	0,791	0,158	0,68

Der Exponent a, der den Einfluß des Körpergewichts auf das Extremitätengewicht angibt, liegt gleichmäßig bei a = 0,8. Der Koeffizient b liegt mit seinen Werten zwischen b = 0,073 bis 0,083. Die Bindung zwischen dem Körpergewicht und dem Gewicht der Extremität ist mit r = 0,81 für die Kontrollgruppe ausgesprochen straff, für die Trainingsgruppe mit r um 0,7 ebenfalls noch deutlich.

Die Berechnung des Vorderextremitätenpaares ergibt mit a = 0,797 und b = 0,149 für die Kontrolle und a = 0,791 und b = 0,158 für die Trainingsgruppe Werte, die mit denen der einzeln berechneten Extremitäten korrespondieren.

Die Regressionsgeraden der Vorderextremitätenpaare sind in Abb. 1 dargestellt.

Bei der Varianzanalyse ergab die Prüfung auf Differenz der Steigung der Allometriegeraden für die Beziehung der Vorderextremitäten der Trainings- und Kontrolltiere folgende Werte:

	z_{Anstieg} K/T
links	0,344 < 1,96 (p 0,05)
rechts	0,155 < 1,96 (p 0,05)
beide	0,320 < 1,96 (p 0,05)

Die Maßzahl z ergibt keine Werte, die die Signifikanzgrenze von 1,96 überschreiten, d. h. die Allometrieexponenten a unterscheiden sich lediglich zufällig. Damit kann angenommen werden, daß der Anstieg der Regressionsgeraden gleich ist, und daß damit der Einfluß des Körpergewichtes auf die Entwicklung der vorderen Extremitäten trainierter und untrainierter Versuchstiere gleich ist.

Mit diesen Werten ist eine Prüfung auf Verschiedenheit der

Lage gestattet:

	z_{Lage} K/T
links	10,829 > 2,58 (p 0,01)
rechts	11,468 > 2,58 (p 0,01)
beide	10,700 > 2,58 (p 0,01)

Die Werte liegen weit über der Signifikanzgrenze von $z = 2,58$ für $p < 0,01$, womit der Unterschied der Lage und damit der Allometriekoeffizient b als überzufällig verschieden betrachtet werden kann.

2. Hintere Extremität

Die absoluten Gewichte der Hinterextremitäten der beiden Versuchsgruppen betragen durchschnittlich

Kontrolle:	links	1,627 g	(± 0,117)	(1,368 - 1,921)
	rechts	1,644 g	(± 0,121)	(1,366 - 1,923)
	beide	3,271 g	(± 0,190)	(2,766 - 3,822)
Training :	links	1,584 g	(± 0,117)	(1,234 - 1,963)
	rechts	1,590 g	(± 0,123)	(1,238 - 1,925)
	beide	3,174 g	(± 0,189)	(2,472 - 3,888)

Die mittleren relativen Gewichte (Prozentanteile am bereinigten Körpergewicht) betragen

	links (%)	rechts (%)	beide (%)
Kontrolle	6,18	6,24	12,42
Training	6,42	6,44	12,86

Es ergeben sich ca. 3 % niedrigere Werte bei den absoluten Gewichten der Trainingsgruppe. Bei t-Werten von 2,629 für links und 3,082 für rechts sind mit $p < 0,01$ Unterschiede in den absoluten Gewichten der Hinterextremitäten gesichert. Der Unterschied bei den Relativgewichten beträgt 3,6 % zugunsten der Trainingsgruppe.

Aus den allometrischen Berechnungen für die beiden Hinterextremitäten ergaben sich die folgenden Maßzahlen:

		a	b	r
Kontrolle	links	0,794	0,121	0,86
	rechts	0,810	0,117	0,86
	beide	0,808	0,232	0,85
Training	links	0,790	0,126	0,80
	rechts	0,812	0,117	0,78
	beide	0,799	0,245	0,79

Auch bei den Hinterextremitäten liegt der Exponent a, der den Einfluß des Körpergewichtes auf das Extremitätengewicht ausdrückt, gleichmäßig bei a = 0,8. Der Koeffizient b stellt sich mit Werten von 0,117 bis 0,126 in etwa gleicher Höhe für beide Gruppen dar. Mit Werten von r = 0,85 bzw. 0,86 für die Gruppe K und r = 0,78 bzw. 0,80 für die Gruppe T ist die Bindung zwischen Körper- und Extremitätengewichten straff.

Ein Vergleich der Werte für die Hinterextremitätenpaare mit a = 0,808 und b = 0,232 für die Kontrolle und a = 0,799 und b = 0,245 für die Trainingsgruppe mit denen der einzeln berechneten Extremitäten zeigt, ähnlich den Vorderextremitäten, daß die Werte korrespondieren.

Die Regressionsgeraden der Hinterextremitätenpaare sind in Abb. 2 dargestellt.

Die Prüfung auf Differenz von Steigung und Lage ergab für die hinteren Extremitäten die Werte:

	$z_{Anstieg}$ K/T
links	0,056 < 1,96 (p 0,05)
rechts	0,054 < 1,96 (p 0,05)
beide	0,054 < 1,96 (p 0,05)

	z_{Lage} K/T
links	12,814 > 2,58 (p 0,01)
rechts	12,572 > 2,58 (p 0,01)
beide	12,332 > 2,58 (p 0,01)

Bei beiden Versuchsgruppen besteht wie bei den Vorderextremitäten kein Unterschied im Anstieg der Regressionsgeraden. Das heißt, daß ein unterschiedlicher Einfluß des Körpergewichtes auf die Entwicklung der Hinterextremitäten bei trainierten und untrainierten Tieren nicht festzustellen ist. Die Prüfung auf Verschiedenheit der Lage mit Werten von z > 12 ergibt ein deutlich überzufällig verschiedenes b und macht damit den Einfluß des einwirkenden exogenen Faktors deutlich.

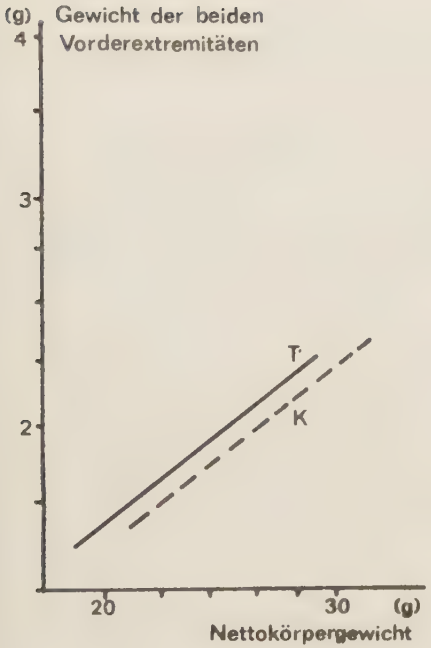

Abb. 1 Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht der beiden Vorderextremitäten
($Y_T = x^{0,791} \cdot 0,158$)
($Y_K = x^{0,797} \cdot 0,149$)

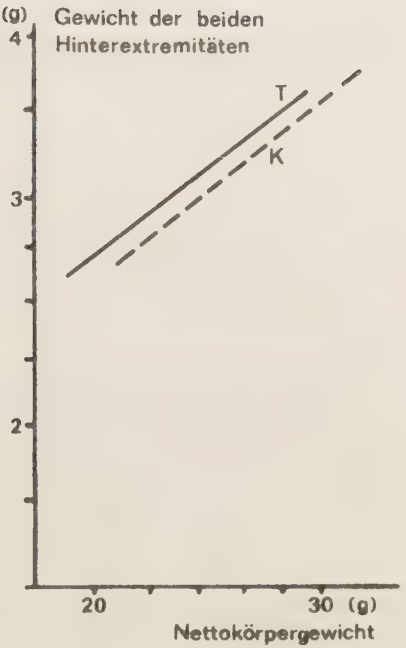

Abb. 2 Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht der beiden Hinterextremitäten
($Y_T = x^{0,799} \cdot 0,245$)
($Y_K = x^{0,808} \cdot 0,232$)

3. Haut

In vorliegendem Versuch beträgt das mittlere absolute Hautgewicht der Tiere der beiden Gruppen:

Kontrolle	4,104 g (± 0,402)	(3,131 - 5,018)
Training	3,668 g (± 0,404)	(2,643 - 4,815)

Die relativen Gewichte am bereinigten Körpergewicht betragen:

Kontrolle	15,59 %	Training	14,87 %

Beim absoluten Hautgewicht besteht ein Unterschied zwischen Kontroll- und Trainingstieren von rund 10,6 %, der sich im Vergleich der Relativgewichte auf 4,6 % verringert, aber nicht wie bei den Extremitätengewichten gegenläufig wird. Der t-Test ergibt einen sicheren Unterschied der Absolutgewichte ($t = 7,4$, $p < 0,001$).

Aus den allometrischen Berechnungen für die Haut ergeben sich folgende Maßzahlen:

	Kontrolle	Training
a	0,981	1,124
b	0,166	0,100
r	0,737	0,776

Die Regressionsgeraden der beiden Gruppen sind in Abb. 3 dargestellt.

Bei der Haut zeigt sich der Einfluß des Körpergewichtes auf das Organgewicht bei den Kontrolltieren mit $a = 0,98$ kleiner an als bei den Trainingstieren ($a = 1,12$). Der Organkoeffizient b ändert sich gegenläufig zu a und zeigt für die Kontrollgruppe einen wesentlich größeren Wert ($b = 0,166$) als für die Gruppe T ($b = 0,1$).

Mit $r = 0,74$ für die Gruppe K und $r = 0,78$ für die Gruppe T ist die Bindung zwischen Körper- und Hautgewicht noch straff.

Die varianzanalytische Prüfung auf Differenz in Anstieg und Lage ergab die Werte:

$$z_{\text{Anstieg}}\ K/T: \qquad 1{,}456 < 1{,}96\ (p\ 0{,}05)$$

Da z-Anstieg unter dem Prüfwert 1,96 liegt, kann davon ausgegangen waden, daß sich die Allometrieexponenten a zufällig unterscheiden und der Einfluß des Körpergewichtes auf das Hautgewicht für beide Gruppen gleich ist. Damit ist die Prüfung auf Differenz der Lage gestattet, die den folgenden Wert ergibt:

$$z_{\text{Lage}}\ K/T: \qquad 9{,}470 > 2{,}58\ (p\ 0{,}01)$$

Mit dem Wert 9,47 für z-Lage ergibt sich ein überzufällig verschiedener Koeffizient b. Damit kommt zum Ausdruck, daß der externe Faktor Training das Hautgewicht mit hoher Sicherheit zu senken vermag.

Errechnet man für beide Gruppen (T und K) einen gemeinsamen Organexponenten a (a = 1,0489), so ergeben sich die Koeffizienten b = 0,1328 für die Kontrollgruppe und b = 0,1271 für die Trainingsgruppe. Die Interpretation der Lage der so errechneten Allometriegeraden unterstreicht das Ergebnis der Varianzanalyse, daß Training das Hautgewicht zu senken vermag. Unter Voraussetzung eines Standardgewichtes, z. B. einer Maus von 25 g Nettogewicht, hätte ein Kontrolltier ein Hautgewicht von 3,9 g, ein Tier der Trainingsgruppe ein Hautgewicht von 3,7 g. Dies entspräche einer Gewichtsverminderung der Haut durch Training von 5,1 %.

4. Fett (Haut- und Stammfett)

Das absolute Gewicht des Fettanteiles beträgt für die beiden Versuchsgruppen durchschnittlich

Kontrolle:	1,372 g	(± 0,430)	(0,630 - 3,603)
Training :	1,150 g	(± 0,494)	(0,307 - 2,919)

Die relativen Fettgewichte (bezogen auf das bereinigte Gewicht betragen für

Kontrolle	5,2 %	Training	4,7 %

Beim absoluten Fettgewicht besteht zwischen Kontroll- und Trainingstieren ein Unterschied von 16 % ($K > T$) ($p < 0,01$). Nach Bezug auf das bereinigte Körpergewicht ist der Fettanteil der Gruppe T gegenüber der Kontrollgruppe um 10,5 % erniedrigt.

Aus den allometrischen Berechnungen ergeben sich die nachfolgenden Werte:

	Kontrolle	Training
a	2,570	2,162
b	0,0003	0,0012
r	0,691	0,452

Der Einfluß des Körpergewichtes auf die Fettentwicklung wird bei den Kontrolltieren mit a = 2,57 angezeigt, während die Trainingstiere mit a = 2,16 einen niedrigeren Wert aufweisen.

Der Koeffizient b, der mit b = 0,0003 bei der Gruppe K ausgesprochen klein ist, vergrößert sich für die Gruppe T auf b = 0,0012. Die Bindung zwischen dem Körpergewicht und dem Gewicht des Fettes ist mit r = 0,69 noch deutlich bei der Kontrollgruppe. Bei der Trainingsgruppe stellt sich mit r = 0,45 die Bindung als nur noch locker dar.

Die Regressionsgeraden der beiden Gruppen sind in Abb. 4 dargestellt.

Die Prüfung auf Differenz bei Anstieg und Lage in der Varianzanalyse ergab nachfolgenden Wert:

$$z_{\text{Anstieg}}\ K/T \qquad 1{,}508 < 1{,}96\ (p\ 0{,}05)$$

Somit ergibt die Varianzanalyse keinen Hinweis auf einen verschiedenen Anstieg der Regressionsgeraden. Damit sind, wie bei den übrigen besprochenen Körperteilen die Allometrieexponenten nur zufällig verschieden. Unter Annahme eines gemeinsamen Allometrieexponenten a = 2,370 errechnet sich für die Kontrollgruppe der Faktor b mit 0,0059, bei der Trainingsgruppe ergibt sich für b ein Wert von 0,0058. Die folgende Prüfung auf Differenz der Lage ergibt:

$$z_{\text{Lage}}\ K/T \qquad 9{,}941 > 2{,}58\ (p\ 0{,}01)$$

Die Werte für b sind mit z-Lage 9,941 überzufällig verschieden. Das heißt, daß Training mit großer Sicherheit ($p < 0{,}001$) den Anteil des Fetts am Körpergewicht zu senken vermag.

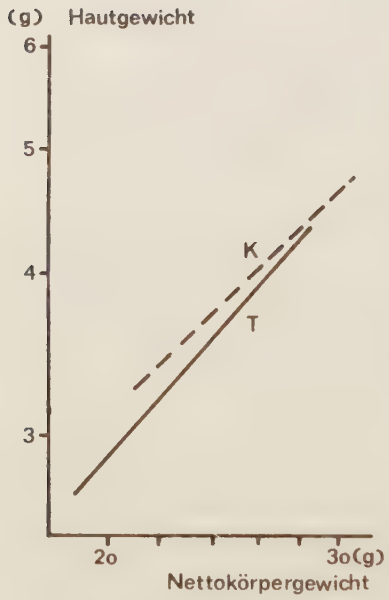

Abb. 3 Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Hautgewicht
($y_T = x^{1,123} \cdot 0,100$)
($y_K = x^{0,980} \cdot 0,165$)

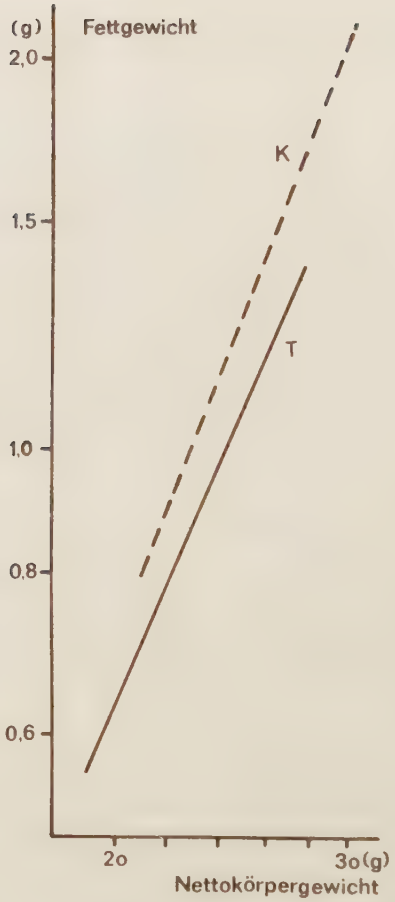

Abb. 4 Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Fettgewicht

($y_T = x^{2,162} \cdot 0,0012$)
($y_K = x^{2,570} \cdot 0,0003$)

IV. D I S K U S S I O N

1. Körpergewicht und Fettanteil

Das Lebendgewicht, das zu Beginn des Versuches auf einen Durchschnittswert von 30,31 g für beide Gruppen eingerichtet worden war (Tag 0), betrug am Tag 31 des Versuches für die Kontrollgruppe 31,51 g, für die trainierte Gruppe 29,16 g. Dies bedeutet eine Gewichtszunahme von 1,20 g bei der Kontrollgruppe, einen Verlust von 1,14 g bei der Gruppe "Training". Der Gewichtsunterschied zwischen den beiden Gruppen beträgt zum Ende des Versuches 7,4 % ($p < 0,0001$).

Der Vergleich verschiedener Untersuchungen zeigt im Verlauf der Körpergewichte zwischen Versuchsbeginn und Versuchsende deutliche Unterschiede (Abb. 5). THÖRNER (1935) findet bei seinen Laufhunden eine Gewichtsverminderung von 6 bis 7 % gegenüber einer Gewichtszunahme der Kontrolltiere. HOFFMANN (1938), bei der sowohl Lauf- als auch Kontrolltiere (Kaninchen) schwerer werden, die also keinen Einfluß des Trainings auf das Körpergewicht feststellt, führt diese Gewichtsveränderungen bei THÖRNER (1935) auf speciesbedingte Veranlagung der Tiere zurück (Hunde als Lauftiere, Kaninchen als Stalltiere). CLASS (1961) wie auch SEELIGER (1960) verzeichnen zwar eine Zunahme des Gewichtes der Trainings- ebenso wie der Kontrolltiere, jedoch in stark unterschiedlichem Maße. In den genannten Versuchen ist bei einem relativ niedrigen Ausgangsgewicht von ca. 15 g bei den Kontrolltieren eine Steigerung des Gewichts von ca. 5,5 g, bei den Trainingstieren eine wesentlich geringere Zunahme von ca. 1,7 g festzustellen. Es scheint also dort, wie auch in der vorliegenden Arbeit, eine reduzierende Wirkung des exogenen Faktors Training auf das Körpergewicht vorzuliegen, der jedoch sicherlich durch Einflüsse des Wachstums auf das Körpergewicht überlagert wurde.

Über Gewichtszunahmen im Rahmen eines leider nur an wenigen Tieren (n = 6) durchgeführten Schwimmtrainings berichten auch GORDON et al., (1967). STEINBACH (1968) konnte, allerdings am als Modell wesentlich weniger geeigneten Menschen, eine geringe Erhöhung des Gewichts auf dosiertes Training beobachten.

Bei Betrachtung der Wirkung des Trainings auf das Gesamtkörpergewicht erkennen andere Autoren (SKINNER 1964, FIEGEL 1964, LEON und BLOOR 1968 und POLLOK 1971) eine Gewichtsabnahme, die sich nach einigen Angaben auf den Fettanteil konzentriert.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen vorliegender Arbeit, die erkennen lassen, daß Körpergewichtsänderungen im Zusammenhang mit Veränderungen des Fettanteils gesehen werden müssen. Bei den Ergebnissen der Fettwerte muß aber berücksichtigt werden, daß der Einfluß verschiedener Faktoren wie Klima, individuelle Stoffwechselsituation, Stresswirkung u. a. nicht bestimmt werden kann, zum anderen wurde bei der Fettbestimmung immer nur der präparatorisch erfaßbare Anteil bestimmt, nicht aber das nur chemisch bestimmbare Gesamtfett des Körpers. Die präparatorischen Werte ergeben, daß der Fettanteil am bereinigten Körpergewicht um 0,22 g von Kontroll- zu Trainingstieren abnimmt. Dies entspricht einer Differenz von 16 % (die auch bei AIGNER 1979 zu finden ist). Diesem Wert steht eine Abnahme des bereinigten Körpergewichts von 6,3 % von Kontroll- zur Trainingsgruppe gegenüber, jedoch eine Zunahme der relativen Extremitäten- bzw. Muskelgewichte zugunsten der Trainingstiere. Dies dürfte nicht zuletzt durch eine Verlagerung von Fettanteilen auf die Muskulatur der Extremitäten zurückzuführen sein. Stellt man die Fettanteilgröße und bereinigtes Körpergewicht zueinander in Bezug, ist zu erkennen, daß ein Anteil von rund 5 % (entspricht 1,37 g Fett) des bereinigten Körpergewichtes mit rund 13 % an der Gewichtsreduzierung von 26,33 g auf 24,67 g beteiligt ist. Damit wird unterstrichen, daß Umbauvorgänge bei Gewichtsveränderungen in nicht unerheblichem Maße über das Fett vonstatten gehen müssen.

Die allometrischen Ergebnisse ergänzen diese Aussagen in der Weise, als ein hoher Faktor a (2,57 bzw. 2,16) und ein verschwindend kleiner Koeffizient b (0,0003 bzw. 0,0012) den starken Einfluß des Körpergewichtes auf den Verlauf der Fettentwicklung ausdrücken. Dabei stellt sich der Faktor a, im Gegensatz zur Situation bei den Extremitäten, in seiner Höhe uneinheitlich dar. Der Koeffizient b differiert nach der Va-

rianzanalyse. Damit kann durch Training eine gesicherte Reduzierung des Fettanteils erwartet werden, die nach Bildung eines gemeinsamen Koeffizienten a und Errechnung von Standardwerten mit 1,21 g für die Gruppe K und 1,19 g für Gruppe T in eine Größenordnung von rund 2 % eingeordnet werden kann.

Die Veränderungen der Körpergewichte nach Training zu verschiedenen Versuchsreihen sind unter Vergleich mit der Kontrolle in Abb. 5 mit den Ergebnissen dieser Arbeit unter dem zusätzlichen Einfluß einer Ölgabe dargestellt.

Autoren	Kontrolltiere	Trainingstiere
THÖRNER (1935	↑	↓
HOFFMANN (1938)	↑	↑
CLASS/SEELIGER (1960)	↑	↑
SKINNER (1964)	↑	↓
GORDON (1967)	↑	↑
STEINBACH (1968)	↑	↑
POLLOCK (1971)	↑	↓
WYDRA (1971)	↑	
AIGNER (1979)	↑	↓
Unter Einfluß von Ölgaben:		
AUTOR	↑	↓

Abb. 5 Darstellung der Körpergewichte von Kontroll- und Trainingsindividuen (auf Anfangsgewicht bezogen)

Im gleichen Versuchsansatz wie dem vorliegenden ergab sich bei AIGNER (1979) ein Gewichtsunterschied von 13 % zwischen trainierten und nicht trainierten Tieren (K > T). Die Bezie-

hung von Endgewichten aus den beiden Versuchsreihen mit bzw. ohne die Gabe von Öl ergab die Werte:

	n	Kontrolle (g)	Training (g)	Differenz (%)
AIGNER	50	31,473	27,538	- 12,5
AUTOR	100	31,510	29,163	- 7,4

Wenn nun bei der Verabreichung von Öl, wie in vorliegender Arbeit, der Unterschied der Absolutgewichte zwischen trainierten und untrainierten Tieren durchschnittlich nur 7,4 % beträgt, dann muß dieser Ölgabe ein nivellierender Einfluß zugeschrieben werden.

2. Die Extremitätengewichte zeigen in ihrer unterschiedlichen Entwicklung während der Trainingszeit bemerkenswerte Unterschiede. So nahmen die (absoluten) Durchschnittsgewichte um 1,8 % ($p > 0,05$) bzw. 3 % ($p < 0,01$) gegenüber der Kontrollgruppe ab. Beim Vergleich mit dem Körpergesamtgewicht hingegen nahmen ihre Körpergewichtsanteile mit 6,0 % für die vordere und 4,8 % für die hintere Extremität deutlich zu (sämtliche Werte in Tab. 3).

Beim Vergleich mit den Ergebnissen zeigt sich beim absoluten Gewicht von KOZLIK (1938) ein ähnlicher Verlauf. Im Gegensatz dazu berichtet HOFFMANN (1938) über eine geringe Zunahme der Muskelgewichte aller Lauftiere (Werte innerhalb der Fehlergrenze). Auch WYDRA (1971) ermittelt bei den Trainingstieren schwerere Muskelgewichte.

Bei Betrachtung der relativen Muskelgewichte tauchen Ergebnisse ähnlich gegensätzlicher Art auf. In vorliegender Arbeit ist eine Zunahme der relativen Muskelgewichte bezogen auf das bereinigte Körpergewicht bei den Trainingstieren festzustellen (vorne um 4,8 %, hinten 3,6 %). SIEBERT (1928), der beim Training zwischen Arbeitssumme und Leistung unterscheidet, stellt bei Vermehrung von nur der Arbeitssumme keine Erhöhung des Muskelgewichtes fest. Zu gleichen Ergebnissen kommt ROUX.

Ebenso kann BARNARD (1970) keine Gewichtsveränderungen erkennen, wobei er jedoch beim Training, im Vergleich zu SIEBERT (1928), nicht nur die Arbeitssumme sondern zusätzlich auch die Leistung durch Anhebung der Laufgeschwindigkeit erhöht. HOFFMANN (1938), die ihre Tiere in langsam- und schnellaufende Gruppen einteilt, sieht beim Vergleich zu den Kontrolltieren eine Muskelgewichtsverminderung bei den langsam laufenden und auf Ausdauer trainierten Tieren,hingegen eine Zunahme der Gewichte bei den schnellaufenden Tieren. Sie erklärt dieses Ergebnis mit einer durch die Trainingsbedingungen vermehrten Abnahme des Fett- und Bindegewebes des Muskels.

In unseren Befunden zeigen die Ergebnisse der absoluten und der relativen Extremitätengewichte im Vergleich von trainierten und untrainierten Tieren einen gegensätzlichen Verlauf. Während die absoluten Muskelgewichte der Lauftiere niedriger sind, finden sich nach Bezug der Muskelgewichte auf das Körpergewicht der gleichen Tiere höhere Werte. Setzt man innerhalb der Relativgewichtswerte die Vorder- und Hinterextremitäten zueinander in Bezug, zeigt sich mit einer Zunahmerate der Vorderextremitäten von 4,8 % und der Hinterextremitäten von 3,6 % ein unterschiedlicher Muskelzuwachs zugunsten der Vorderextremitäten. Dies steht allerdings im Widerspruch zu den Ergebnissen der Allometrieberechnung, aus denen sich mit $b = 0,12$ eine höhere Wirkung des exogenen Faktors Training für die Hinterextremitäten ergibt als ein b von 0,08 bei den Vorderextremitäten.

Der Einfluß des Körpergewichts auf die Gewichte der Vorderextremitäten stellt sich nach allometrischen Berechnungen mit Werten von $a = (0,777$ bis $0,805)$ für beide Gruppen recht einheitlich dar. Dies wird unterstützt durch die Werte z für die Steigung, die mit 0,344 bzw. $0,155 < 1,96$ sind und damit die gleiche Steigung der Allometriegeraden belegen. Durch diese Zahlen wird erkennbar, daß das Körpergewicht in gleicher Weise auf trainierte und untrainierte Tiere wirkt.

Für die hinteren Extremitäten zeigt sich mit den Werten a = (0,790 bis 0,812) ein für beide Gruppen ebenfalls recht einheitlicher Wert. Dies unterstützen die z-Werte der Steigung, die mit 0,054 bzw. 0,056 $<$ 1,96 wiederum keine unterschiedliche Wirkung des Körpergewichts auf die Hinterextremitäten beider Gruppen erkennen lassen. Der Vergleich der Werte von a als Maß der Steigung, die mit 0,77 - 0,80 für vorne und 0,79 - 0,81 für hinten nahezu gleich sind, läßt den Schluß zu, daß der Einfluß des Körpergewichts auf die Gewichtsentwicklung der Extremitäten bei beiden Gruppen in gleicher Weise zur Wirkung kommt. Deshalb muß der gesicherte Unterschied in der Lage auf andere, exogene Einflüsse zurückzuführen sein.

Die Wirkung exogener Faktoren, ausgedrückt durch den Koeffizienten b, auf die Extremitätengewichte stellt sich unterschiedlich dar. Die Werte bei den Vorderextremitäten mit b= 0,073 und 0,075) für die Kontrolltiere und b = (0,075 und 0,083) für die Trainingstiere sind zwar relativ einheitlich, dennoch ist ein mit $p < 0,01$ deutlich gesicherter Unterschied in der Lage vorhanden. Die Aussage, daß auf die Vorderextremitäten externe Faktoren in unterschiedlichem Maße wirken, ist somit zulässig. Da außer Training keine unterschiedlichen Bedingungen geherrscht haben, muß dieser Unterschied dem Training zugerechnet werden.

Die Koeffizienten der hinteren Extremitäten sind mit b = (0,117 und 0,121) für die Kontrolltiere und b = (0,117 und 0,126) für die Trainingstiere ebenfalls relativ einheitlich, ihre Lage ist aber wie bei den Vorderläufen mit $p < 0,01$ deutlich unterschiedlich. Damit ist auch diese Wirkung dem Training zuzuschreiben.

Die Aussagen, die sich aus den Berechnungen der Einzelextremitäten ergeben, werden unterstützt durch die Werte, die sich aus den allometrischen Berechnungen der jeweiligen Extremitätenpaare vorne und hinten ergeben. So sind die Werte des Expo-

nenten a mit 0,787 und 0,791 für die beiden Gruppen bei den Vorderextremitätenpaaren und mit 0,799 und 0,808 für die Hinterextremitätenpaare beider Gruppen ($p < 0,001$ in beiden Fällen) nahezu identisch mit den Werten der Einzelextremitäten, so daß auch hier deutlich wird, daß das Körpergewicht in gleicher Weise auf die Extremitätengewichtsentwicklung trainierter und untrainierter Tiere wirkt. Desweiteren zeigen die z-Werte für die Steigung (mit Werten von 0,320 bei den Vorderextremitäten und 0,054 bei den Hinterextremitäten in beiden Fällen $< 1,96$, daß kein Unterschied im Anstieg der Regressionsgeraden besteht und unterstreichen damit die Aussagen über Körpergewicht und Extremitätengewichtsentwicklung.

Bei Betrachtung des Koeffizienten b der gemeinsamen Extremitätenpaare zeigt sich eine korrespondierende Wirkung zu den allometrischen Werten der Einzelextremitäten. So läßt sich mit $b = 0,149$ für die Kontrolle und $b = 0,158$ für die Trainingstiere bei den Vorderextremitäten und $b = 0,232$ (Kontrolle) und $b = 0,245$ (Training) bei den Hinterextremitäten eine nahezu exakte Verdoppelung der Werte im Vergleich zu den Einzelgewichten in allen Fällen zu erkennen.

Die Werte sind auch hier zwischen Kontroll- und Trainingsgruppen relativ einheitlich, jedoch ist der Unterschied in der Lage der Regressionsgeraden mit $p < 0,01$ sowohl bei den Vorder- als auch bei den Hinterläufen deutlich unterschiedlich. Damit wird auch bei den Extremitätenpaaren die dem Training zugerechnete Wirkung erkennbar.

3. Wirkung von Olivenöl

Die Verabreichung einer bestimmten Menge Olivenöl dürfte nicht ohne Einfluß auf das Körpergewicht geblieben sein. Ein Nahrungsüberschuß von 10 kcal führt rechnerisch und bei vorausgesetzter vollständiger Oxidation zur Ablagerung von 1 g Depotfett. 100 ml Olivenöl entsprechen 930 kcal. Der applizierten Ölmenge von 0,6 ml entspräche eine Körperfettzunahme von 0,56 g als Mehrgewicht bei einem entsprechenden Übertrag auf den Mäuseorganismus.

Diesem theoretischen Wert stehen die Vergleichszahlen von AIGNER (Kontroll- und Trainingstiere jeweils ohne Ölgabe) und vorliegender Arbeit gegenüber. So ergibt sich tatsächlich unter Ölgabe eine Gewichtsvermehrung bei der Trainingsgruppe von 1,625 g. Wenn der Unterschied zwischen den beiden Kontrollgruppen nur 0,047 g beträgt, so ist dies sicherlich auf den belastenden Einfluß der Verabreichung und auf die Tatsache, daß bei einer Nicht-Mangel-Situation der Effekt von Fettkalorien nicht so sehr zum Ausdruck kommen kann, zurückzuführen.

Der "nivellierende" Einfluß der Ölgabe kann somit auf zwei Faktoren, die einzeln oder gleichzeitig gewirkt haben mögen, zurückgeführt werden. Die kalorische Wirkung des zugeführten Fetts hat vielleicht eine weitere Gewichtsabnahme der Trainingsgruppe verhindert. Genauso könnte die Belastung durch die intragastrale Verabreichung eine weitere Zunahme des Körpergewichtes gebremst haben.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluß von Training bei gleichzeitiger Verabreichung einer größeren Menge Fett (Olivenöl) wurde an 100 weiblichen Albinomäusen morphometrisch untersucht (Gruppe T). Als Kontrolle (Gruppe K) diente eine zweite vergleichbare Gruppe. Das Olivenöl wurde in einer Menge von 0,1 ml/Tier in fünftägigen Abständen intragastral verabreicht. Das Training wurde an den 30 Tagen des Versuches mit jeweils zweimal 30 Minuten und einer Laufstrecke von ca. 600 m täglich durchgeführt.

Während bei den trainierten Tieren das Körpergewicht um 7,4 % ($p < 0,0001$), das Hautgewicht um 4,6 % ($p < 0,01$) und das Fettgewicht um 10,5 % ($p < 0,01$) niedriger lag, erhöhte sich der relative Anteil am Körpergewicht bei den Vorderextremitäten um 4,8 % ($p > 0,05$), bei den Hinterextremitäten um 3,6 % ($p < 0,01$).

Diese präparatorischen Werte wurden neben den üblichen statistischen Methoden mit Hilfe der Allometrierechnung ($y = x^a \cdot b$) überprüft. Dabei bleibt der Einfluß des Körpergewichts, ausgedrückt durch den Allometrieexponenten, bei beiden Gruppen und jeweils bei den Extremitätenpaaren in der gleichen Größenordnung um $a = 0,8$; dies läßt auf einen gleichartigen Einfluß der Körpergewichtsentwicklung auf die Gewichtsveränderungen der Muskulatur schließen, was varianzanalytisch durch eine gleiche Steigung der Allometriegeraden belegt werden konnte.

Der Koeffizient b liegt für beide Gruppen bei den Vorderextremitäten zwischen 0,073 und 0,083, bei den Hinterextremitäten zwischen 0,117 und 0,126. Bei Untersuchung auf Differenz der Lage ergibt sich mit $p < 0,01$ ein gesicherter Unterschied, der auf den exogenen Faktor Training zurückgeführt werden kann.

Der zahlenmäßige Vergleich der Auswirkung von Training auf die Extremitätenpaare macht mit den Allometriekoeffizienten b von 0,12 für hinten und b = 0,08 für vorne einen stärkeren Einfluß des Trainings auf die Hinterextremitäten deutlich.

Allometrische Berechnungen, die jeweils Extremitätenpaare zugrunde legten, unterstreichen die Aussage der Einzelgewichte, wobei der Exponent a wiederum bei Werten von 0,8 liegt, und damit die Aussage der Einzelgewichte über die Beziehung von Körpergewicht und Extremitätengewichtsentwicklung durch gleiche Steigung der Regressionsgeraden belegt wird. Bei der Berechnung des Organkoeffizienten b war eine nahezu exakte Verdoppelung der Werte im Vergleich zu den Einzelextremitätengewichten festzustellen. Der varianzanalytisch gesicherte ebenfalls vorhandene Unterschied in der Lage der Geraden bestätigt die Wirkung des Trainings auf die Gewichtsentwicklung der Extremitäten.

Der Fettanteil ist über den hohen Faktor a (2,1 bzw. 2,5) und damit über die Körpergewichtsentwicklung bestimmt. Bei seiner Berechnung zeigt sich, daß ein verhältnismäßig geringer Anteil am Körpergewicht, nämlich rund 5 % Fett, mit etwa 13 % an der Gewichtsreduzierung beteiligt ist.

Daneben ist trotz der kleinen Koeffizienten b mit 0,0012 für die Gruppe T und 0,0003 für die Gruppe K eine mit $p < 0,01$ gesicherte Reduzierung des Fettanteils durch Training zu erkennen.

Auch bei der Haut ergeben sich unterschiedliche Absolutgewichte zwischen Kontroll- und Trainingstieren (10 % K>T), die Relativgewichte unterscheiden sich nur mit ca. 5 %. Die Berechnung ergibt einen reduzierenden Einfluß des Trainings auf das Hautgewicht von 5,1 %.

Die Ölgabe bewirkt eine zum Vergleichsversuch von AIGNER (Training ohne Ölgabe) weniger starke Reduzierung des bereinigten Körpergewichts bei Trainingstieren (AIGNER 12,5 %, vorligende Arbeit 7,4 %). Dies läßt auf einen nivellierenden Einfluß der Ölgabe schließen.

Die intragastrale Verabreichung von Olivenöl hat sich für vergleichbare Versuche als geeignete Form der exakt dosierbaren oralen Wirkstoffübermittlung erwiesen.

VI. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

AIGNER, R.:
Morphometrische Untersuchungen zur Wirkung eines Anabolikums auf die Organentwicklung bei trainierten und untrainierten Albinomäusen
Med. Diss. München 1979

AIGNER, R. und FRICK, H.:
Zur Beeinflussung der Herz- und Extremitätenmuskulatur durch ein Anabolikum bei trainierten und untrainierten Albinomäusen
Morphologia medica (in Vorb.)

BARNARD, R. J. and K. M. BALDWIN:
The effect of training and various work loads on the lactacid-alactacid oxygen debt response of exercising dogs
Int. Z. Angew. Physiol. 28, 120 (1970)

BRODY, S.:
Bioenergetics and growth
New York (1945)

CLASS, I.:
Der Einfluß vermehrter körperlicher Tätigkeit auf die Organgewichte von Albinomäusen
Zschr. f. Anat. und Entwickl.-geschichte 122, 251 (1960)

FIEGEL, G.:
Beeinflussung des Myocardstoffwechsels durch anabole Substanzen, ihre Verwertung in der Rehabilitationsbehandlung chronischer Herzmuskelschäden
Med. Klin. 13, 519 (1964)

FRICK, H.:
Quantitative Untersuchungen an äthiopischen Säugetieren. Absolute und relative Gewichte von Herz, Leber, Milz und Nieren
Anat. Anz. 104, 305 (1957 a)

FRICK, H. :
Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Körpergewicht und Organgewicht
Z. Säugetierkunde 22, 193 (1957 b)

FRICK, H.:
Betrachtungen zum allometrischen Wachstum einiger Nagetiere
Verh. Dt. Zool. Ges. Frankfurt, 308 (1958)

FRICK, H.:
Allometrische Untersuchungen an inneren Organen von Säugetieren als Beitrag zur "neuen Systematik"
Z. Säugetierkunde 26, 138 (1961)

FRICK, H. und J. J. NORD:
Domestikation und Hirngewicht
Anat. Anz. 113, 307 (1963)

GOLLNICK, P. D. and D. W. KING:
Effect of exercise and training on mitochondria of rat sceletal muscle
Amer. J. Physiol. 216, 1502 (1969)

GORDON, E. E., K. KOWALSKI and M. FRITTS:
Adaptions of muscle to various exercises
Jama, 199, 103 (1967)

HETTINGER, Th.:
Der Einfluß des Testosterons auf Muskulatur und Kreislauf
Med. Mitt. 21, 140 (1960)

HOFFMANN, A.:
Der Einfluß des Trainings auf die Skelettmuskulatur
Zschr. Mikrosk.-Anat. Forsch. 43, 595 (1938)

HOLLMANN, W. und Th. HETTINGER:
Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen
Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1976)

HOLMES, R. and P. J. RASCH:
Effect of exercise on number of myofibrils in sartorius muscle of the rat
Amer. J. Physiol. 195, 50 (1958)

IMBRIE, J.:
Biometrical methods in the study of invertebrate fossils
Bull. Amer. Mus. Natural Hist., New York (1956)

KELLER, H. M., P. IMHOF, H. HOWALD, U. IMHOF und M. TURRI:
Veränderungen von Plasmavolumen, Haematokrit und Körpergewicht bei Skilangläufern
Schweiz. Zschr. Sportmed. 61 (1971)

KLATT, B.:
Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen, besonders des Herzgewichtes
Biol. Zentralbl. 39, 406 (1919)

KOCZLIK, F.:
Beeinflussung der Skelettmuskeln durch Arbeit
Zeitschrift für Konstitutionslehre 23, 249 - 258 (1939)

KLEMMT, L.:
Quantitative Untersuchungen an Apodemus sylvaticus (LINNAEUS 1758)
Zool. Anz. 165, 249 (1960)

LEON, A. S. and C. M. BLOOR:
Effects of exercise and its cessation on the heart and its blood supply
J. Appl. Physiol. 24, 485 (1968)

MELLEROWICZ, H. und H. BERSDORF:
Experimenteller Beitrag zur Frage des optimalen Trainingsmaßes für Mittelstreckenleistungen
Sportmedizin 8, 197 (1958)

MORPURGO, D.:
Über die postembryonale Entwicklung der quergestreiften Muskeln von weißen Ratten
Anat. Anz. 15, 200 (1897)

NETT, I.:
Leichtathletisches Muskeltraining
Berlin - Frankfurt - München, Bartel und Wernitz (1966)

NÖCKER, J.:
Physiologie der Leibesübungen
Stuttgart, Enke (1971)

POLLOCK, M. L.:
Effects of walking on body consumption and cardiovascular function of middle-aged men
J. Appl. Physiol. 30, 126 (1971)

ROUX, W.:
Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I: funktionelle Anpassung
Leipzig: Engelmann (1895)

SEELIGER, H.:
Quantitative Untersuchungen an Albinomäusen (Erbreiner Stamm "Agnes Bluhm")
Anat. Anz. 109, 51 (1960)

SIEBERT, W.:
Untersuchungen über Hypertrophie des Skelettmuskels
Zschr. Klin. Med. 109, 351 (1928)

SKINNER, J. S.:
Effects of a program of endurance exercises on physical work
Amer. J. Cardiol. 14, 747 (1964)

STEINBACH, M.:
Über den Einfluß anaboler Wirkstoffe auf Körpergewicht, Muskelkraft und Muskeltraining
Sportarzt und Sportmedizin 19, 485 (1968)

TAYLOR, A. W., D. C. SCORD and P. MURRAY:
Rat muscle and organ weights after castration: the effects of anabolic steroids and exercise
Endocrin. 61, 372 (1973)

THÖRNER, W.:
Trainingsversuche an Hunden. III. Histologische Beobachtungen an Herz- und Skelettmuskeln
Arbeitsphysiol. 8, 359 (1935)

WETTE, R.:
Regressions- und Kausalanalyse in der Biologie
Metrika 2, 131 (1959)

WYDRA, O.:
Der Einfluß eines Anabolikums (Dianabol^{R}) und eines Muskeltrainings auf Skelettmuskeln der Maus
Zschr. Anat. Entwickl.-Gesch. 136, 73 (1971)

Für die Überlassung des Themas darf ich mich beim Vorstand der Anatomischen Anstalt, Herrn Prof. Dr. H. Frick herzlich bedanken.

Für die stets verständnisvolle Betreuung durch die gesamte Arbeit bedanke ich mich bei Herrn Dr. R. Aigner

Lebenslauf

Am 07. Juni 1943 wurde ich als Sohn von Johann und Franziska Wex in Bobingen geboren.

Nach Volksschule, Abitur und Lehrzeit als Schriftsetzer studierte ich Bühnenbildnerei. Nach anschliessender Tätigkeit in verschiedenen Druckereien war ich zuletzt selbständig bis 1974 mit einer eigenen Drukkerei.

Ab Frühjahr 1974 begann ich das Studium der Zahnmedizin, das ich nach 10 Semestern im Herbst 1979 mit der zahnärztlichen Prüfung abschließen konnte.

Seit September 1979 bin ich als Assistent in einer zahnärztlichen Praxis tätig.

Seit 1971 bin ich mit Gisela Stohr verheiratet.